

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-163971

(43)Date of publication of application : 19.06.1998

(51)Int.Cl. H04B 10/14
H04B 10/06
H04B 10/04
H01S 3/133
H04B 10/08
// H04L 1/00

(21)Application number : 08-313487

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 25.11.1996

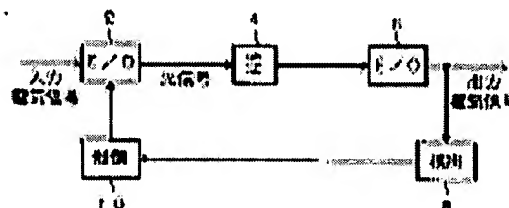
(72)Inventor : UCHIUMI ATSUHIKO

(54) METHOD, DEVICE AND SYSTEM FOR CONTROLLING WAVELENGTH OF LIGHT SIGNAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent deterioration of transmission quality owing to the wavelength fluctuation of a light signal by controlling a system so that code errors detecting parameter to which the wavelength of the light signal outputted from an EGO converter depends are reduced.

SOLUTION: The E/O(electric/optic) converter 2 converts an input electric signal into the light signal. The light signal from the E/O converter 2 is supplied to a light band pass filter 4. The light signal passing through the filter 4 is inputted to an O/E (optic/electric) converter 6. The O/E converter 6 converts the inputted light signal into an output electric signal. For detecting the code errors of the output electric signal, a detection unit 8 is provided. A control unit 10 controls parameter to which the wavelength of the light signal outputted from the E/O converter 2 depends so that the code errors detected in the detection unit 8 are reduced. Thus, the wavelength of the light signal is always matched with the center wavelength of the filter 4, and satisfactory transmission quality is maintained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-163971

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/14

10/06

10/04

H 0 1 S 3/133

H 0 4 B 10/08

H 0 4 B 9/00

H 0 1 S 3/133

H 0 4 L 1/00

H 0 4 B 9/00

S

C

K

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平8-313487

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 11月25日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号

(72) 発明者 内海 敦彦

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松本 昂

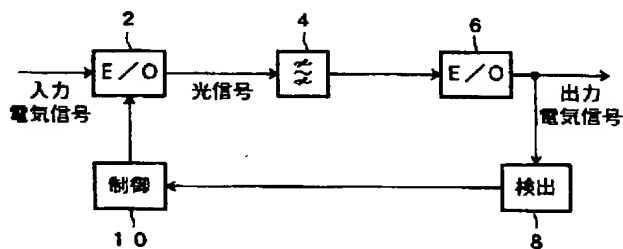
(54) 【発明の名称】 光信号の波長を制御するための方法、装置及びシステム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は光信号の波長を制御するための方法、装置及びシステムに関し、波長変動による伝送品質の劣化の防止を課題としている。

【解決手段】 入力電気信号を光信号に変換する E/O 変換器 2 と、光信号が供給される光帯域通過フィルタ 4 と、フィルタ 4 を通過した光信号を出力電気信号に変換する O/E 変換器 6 と、出力電気信号の符号誤りを検出する検出ユニット 8 と、上記光信号の波長が依存するパラメータ (例えばレーザダイオードの温度) を検出ユニット 8 において検出された符号誤りが減少するように制御するための制御ユニット 10 とから構成する。

本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号の波長を制御するためのシステムであって、

入力電気信号を光信号に変換するE/O変換器と、
上記光信号が供給される光帯域通過フィルタと、
該光帯域通過フィルタを通過した上記光信号が供給され
該光信号を出力電気信号に変換するO/E変換器と、
上記出力電気信号が供給され該出力電気信号の符号誤り
を検出する手段と、
上記E/O変換器から出力される上記光信号の波長が依
存するパラメータを上記検出された符号誤りが減少する
ように制御する手段とを備えたシステム。

【請求項2】 請求項1に記載のシステムであって、
上記光帯域通過フィルタは実質的に最大透過率を与える
中心波長を含む通過帯域を有し、それにより上記光信号
の波長が上記中心波長に実質的に一致するように制御さ
れるシステム。

【請求項3】 請求項1に記載のシステムであって、
上記E/O変換器はレーザダイオードからなるシステム。

【請求項4】 請求項3に記載のシステムであって、
上記パラメータは上記レーザダイオードの温度であるシ
ステム。

【請求項5】 請求項1に記載のシステムであって、
上記入力電気信号の伝送データ符号に冗長符号を付加す
るためのエンコードと、
上記冗長符号に基づき上記出力電気信号の符号誤りを訂
正するためのデコードとを更に備え、
上記検出する手段は上記出力電気信号の符号誤りの訂正
をカウントする手段を含むシステム。

【請求項6】 請求項1に記載のシステムであって、
上記E/O変換器、上記光帯域通過フィルタ、上記O/
E変換器及び上記検出する手段は波長分割多重のために
それぞれ複数あり、
上記制御する手段は上記複数のE/O変換器の各々につ
いて上記パラメータを制御するシステム。

【請求項7】 請求項1に記載のシステムであって、
上記制御する手段は、
上記光信号の波長を微少量だけ変化させる手段と、
上記光信号の波長の変化の前後で上記検出された符号誤
りが増加したか減少したかを判断する手段とを含み、
その判断の結果に基づいて上記パラメータが変化させら
れるシステム。

【請求項8】 請求項1に記載のシステムであって、
上記光信号を増幅する光増幅器を更に備えたシステム。

【請求項9】 光信号の波長を制御するための端局装置
であって、
入力信号を第1の光信号に変換するE/O変換器を含む
光送信機と、
上記第1の光信号を第1の光伝送路に送出される第1の

ビームとモニタリングのための第2のビームとに分岐す
る手段と、

第1及び第2の光受信機と、

第2の光伝送路からの第2の光信号と上記第2のビーム
とを選択的にそれぞれ上記第1及び第2の光受信機に供
給するための光回路とを備え、

上記第1及び第2の光受信機の各々は、

上記第2のビームが供給される光帯域通過フィルタと、
該光帯域フィルタを通過した上記第2のビームが供給さ
れ該第2のビームを出力電気信号に変換するO/E変換
器と、

上記出力電気信号が供給され該出力電気信号の符号誤り
を検出する手段とを含み、

上記E/O変換器から出力される上記第1の光信号の波
長が依存するパラメータを上記検出された符号誤りが減
少するように制御する手段を更に備えた端局装置。

【請求項10】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記光送信機の予備として設けられる第2の光送信機
と、

20 該第2の光送信機を上記第1の光伝送路及び上記光回路
に動作的に接続する手段とを更に備えた端局装置。

【請求項11】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記光帯域通過フィルタは実質的に最大透過率を与える
中心波長を含む通過帯域を有し、それにより上記第1の
光信号の波長が上記中心波長に実質的に一致するように
制御される端局装置。

【請求項12】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記E/O変換器はレーザダイオードからなる端局装
置。

30 【請求項13】 請求項12に記載の端局装置であ
って、
上記パラメータは上記レーザダイオードの温度である端
局装置。

【請求項14】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記第1及び第2の光受信機の各々は、
上記入力電気信号の伝送データ符号に冗長符号を付加す
るためのエンコードと、
上記冗長符号に基づき上記出力電気信号の符号誤りを訂
正するためのデコードとを更に含み、

40 上記検出する手段は上記出力電気信号の符号誤りの訂正
をカウントする手段を含む端局装置。

【請求項15】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記光送信機並びに上記第1及び第2の光受信機は波長
分割多重のためにそれぞれ複数あり、
上記制御する手段は上記複数の光送信機の各々について
上記パラメータを制御する端局装置。

【請求項16】 請求項9に記載の端局装置であって、
上記制御する手段は、
上記第1の光信号の波長を微少量だけ変化させる手段
と、

3

上記第1の光信号の波長の変化の前後で上記検出された符号誤りが増加したか減少したかを判断する手段とを含み、

その判断の結果に基づいて上記パラメータが変化させられる端局装置。

【請求項17】 請求項9に記載の端局装置であって、上記送信機は上記第1の光信号を増幅する光増幅器を更に含む端局装置。

【請求項18】 請求項9に記載の端局装置であって、上記第1及び第2の光受信機の各々は上記O/E変換器10に動作的に接続される光増幅器を更に含む端局装置。

【請求項19】 光信号の波長を制御するための方法であって、

- (a) 入力電気信号を光信号に変換するステップ、
- (b) 上記光信号を光帯域通過フィルタに供給するステップ、
- (c) 上記光帯域通過フィルタを通過した上記光信号を出力電気信号に変換するステップ、
- (d) 上記出力電気信号の符号誤りを検出するステップ、及び
- (e) 上記検出された符号誤りが減少するように上記光信号の波長を制御するステップを備えた方法。

【請求項20】 請求項19に記載の方法であって、上記光帯域通過フィルタは実質的に最大透過率を与える中心波長を含む通過帯域を有し、それにより上記光信号の波長が上記中心波長に実質的に一致するように制御される方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、光信号の波長変動による伝送品質の劣化の防止に関し、更に詳しくは、光信号の波長を制御するための方法、装置及びシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】入力電気信号を光信号に変換するE/O変換器と、光信号を伝送する光ファイバ伝送路と、光ファイバ伝送路により伝送された光信号を出力電気信号に変換するO/E変換器とを備えた光ファイバ通信システムが広く知られている。光ファイバ伝送路における光信号の減衰を補償するために、光増幅器が適用される。

【0003】近年、シリカ光ファイバの最も小さい損失を与える波長1.55 μm 帯において動作するエルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)が実用化されている。EDFAが適用される光ファイバ通信システムにおいては、EDFAで生じる自然放出光(ASE: Amplified Spontaneous Emission)が雑音となるので、ASEを除去するために光帯域通過フィルタが一般的に使用される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のような光ファイ

4

バ通信システムのE/O変換器としては、レーザダイオードがよく用いられる。レーザダイオードから出力される光信号の波長は、レーザダイオードの温度変化或いは経時劣化に起因して変化する。

【0005】光帯域通過フィルタの通過帯域は、所望の光信号が小さい損失(即ち大きい透過率)でそのフィルタを通過するように設定されているので、光信号の波長が変化したとすると、光信号がそのフィルタにおいて減衰させられ或いは除去され、伝送品質が劣化し或いは最悪の場合受信不能になる。

【0006】特に、波長分割多重(WDM)が適用されるシステムにおいては、各波長チャンネルの光帯域通過フィルタは狭い通過帯域を有しているため、各チャンネルの光信号の波長は高精度に制御されていることが望ましい。

【0007】よって、本発明の目的は、光信号の波長変動による伝送品質の劣化を防止するところにある。具体的には、本発明の目的は、光信号の波長を制御するための方法、装置及びシステムを提供することである。

【0008】本発明の他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のある側面によると、光信号の波長を制御するための方法が提供される。まず、入力電気信号が光信号に変換される。次いで、光信号が光帯域通過フィルタに供給される。光帯域通過フィルタを通過した光信号は出力電気信号に変換される。その後、出力電気信号の符号誤りが検出される。そして、検出された符号誤りが減少するように光信号の波長が制御される。

【0010】例えば、光帯域通過フィルタが、実質的に最大透過率を与える中心波長を含む通過帯域を有している場合、光信号の波長がフィルタの中心波長と異なるようになると、出力電気信号の符号誤りが増大する。従って、本発明方法のように、検出された符号誤りが減少するように光信号の波長を制御することによって、光信号の波長がフィルタの中心波長に常に一致するようになり、良好な伝送品質が維持される。

【0011】本発明の他の側面によると、光信号の波長を制御するためのシステムが提供される。このシステムは、入力電気信号を光信号に変換するE/O変換器と、上記光信号が供給される光帯域通過フィルタと、該光帯域通過フィルタを通過した上記光信号が供給され該光信号を出力電気信号に変換するO/E変換器と、上記出力電気信号が供給され該出力電気信号の符号誤りを検出する手段と、上記E/O変換器から出力される上記光信号の波長が依存するパラメータを上記検出された符号誤りが減少するように制御する手段とを備えている。

【0012】本発明の更に他の側面によると、光信号の波長を制御するための端局装置が提供される。この装置

は、入力信号を第1の光信号に変換するE/O変換器を含む光送信機と、上記第1の光信号を第1の光伝送路に送出される第1のビームとモニタリングのための第2のビームとに分岐する手段と、第1及び第2の光受信機と、第2の光伝送路からの第2の光信号と上記第2のビームとを選択的にそれぞれ上記第1及び第2の光受信機に供給するための光回路とを備えている。

【0013】上記第1及び第2の光受信機の各々は、上記第2のビームが供給される光帯域通過フィルタと、該光帯域フィルタを通過した上記第2のビームが供給され該第2のビームを出力電気信号に変換するO/E変換器と、上記出力電気信号が供給され該出力電気信号の符号誤りを検出する手段とを含む。そして、上記E/O変換器から出力される上記第1の光信号の波長が依存するパラメータが、上記検出された符号誤りが減少するように制御される。

【0014】このように端局装置が2つの光受信機を有している場合には、これらのうちの一方を現用、他方を予備に供することによって、予備の光受信機において符号誤りを検出することができるので、本発明方法の実施を1つの端局装置で完結することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下本発明の望ましい実施の形態を添付図面に従って詳細に説明する。尚、全図を通して実質的に同一の部分には同一の符号が付されている。

【0016】図1は本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図である。E/O（電気/光）変換器2は入力電気信号を光信号に変換する。E/O変換器2からの光信号は、光帯域通過フィルタ4に供給される。フィルタ4を通過した光信号はO/E（光/電気）変換器6

【0017】O/E変換器6は入力した光信号を出力電気信号に変換する。出力電気信号の符号誤りを検出するために、検出ユニット8が設けられている。制御ユニット10は、検出ユニット8において検出された符号誤りが減少するように、E/O変換器2から出力される光信号の波長が依存するパラメータを制御する。

【0018】図2を参照して、図1のシステムの動作原理を説明する。図2の(A)に示されるように、光帯域通過フィルタ4は、実質的に最大透過率を与える中心波長 λ_0 を含む通過帯域PBを有している。ここで、通過帯域PBを表している特性曲線は、フィルタ4の透過率と波長の関係を示している。

【0019】E/O変換器2から出力される光信号の波長が符号12で示されるように中心波長 λ_0 よりも $\Delta\lambda$ だけ小さくなると、光信号の波長が中心波長 λ_0 に一致している場合と比較して符号誤りが増大する。また、光信号の波長が中心波長 λ_0 よりも $\Delta\lambda$ だけ大きくなった場合にも、符号誤りが増大する。

【0020】このように光信号が中心波長 λ_0 からずれ

たときに符号誤りが増大するのは、フィルタ4を透過する光信号のパワーが減少するからである。検出ユニット8は、このような符号誤りの変化或いは符号誤りそれ自体を検出して、検出された符号誤りが減少するように制御ユニット10が光信号の波長を制御する。その結果、図2の(B)に符号16で示されるように、光信号の波長はフィルタ4の最大透過率（即ち出力電気信号の最小符号誤り）を与える波長 λ_0 に一致するようになる。

【0021】このように、図1のシステムによると、光信号の波長変動による伝送品質の劣化が防止される。尚、光帯域通過フィルタ4の特性が一定に保たれるように例えばフィルタ4の温度を制御しておくことによって、E/O変換器2から出力される光信号の波長を絶対的に安定化することができる。即ち、この場合にはフィルタ4は波長基準となる。

【0022】図3は本発明を適用可能な光通信システムのブロック図である。このシステムは、第1の端局18と、第2の端局20と、端局18及び20を結ぶ光ファイバ伝送路22とを備えている。光ファイバ伝送路22の損失を補償するために、光ファイバ伝送路22の途中には光中継器24が設けられている。

【0023】光ファイバ伝送路22は、第1の端局18から第2の端局20に向かう上り回線26と、第2の端局20から第1の端局18に向かう下り回線28とを含む。第1の端局18は、上り回線26に上りの光信号を送出するために、冗長性（リダンダンシー；redundancy）を確保するための2つの光送信機（OS）30A及び30Bを有している。光中継器24は、上り回線26に接続されて上りの光信号を増幅するための光増幅器32を有している。

【0024】第2の端局20は、上りの光信号を受けるために、冗長性を確保するための2つの光受信機（OR）34A及び34Bを有している。第2の端局20は、更に、下りの光信号を下り回線28に送出するために、冗長性を確保するための2つの光送信機36A及び36Bを有している。光中継器24は、下り回線28に接続され下りの光信号を増幅するための光増幅器38を有している。

【0025】第1の端局18は、下りの光信号を受けるために、冗長性を確保するための2つの光受信機40A及び40Bを有している。図示された状態では、光送信機30A及び36A並びに光受信機34A及び40Aが現用であり、光送信機30B及び36B並びに光受信機34B及び40Bが予備である。

【0026】図1に示される本発明によるシステムは、図3の第1の端局18若しくは第2の端局20の内部で閉鎖的に構築されてもよいし、或いは、端局18及び20にまたがるように開放的に構築されてもよい。

【0027】例えば、第1の端局18において、本発明によるシステムが閉鎖的に構築される場合、E/O変換

器2は現用の光送信機30Aに含まれ、光帯域通過フィルタ4、O/E変換器6及び検出ユニット8は予備の光受信機40Bに含まれる。この場合、光送信機30Aから出力される光信号の一部が光受信機40Bに供給される。

【0028】本発明によるシステムが開放的に構築される場合には、例えば、E/O変換器2は第1の端局18の現用の光送信機30Aに含まれ、O/E変換器6及び検出ユニット8は第2の端局20の現用の光受信機34Aに含まれる。この場合、光帯域通過フィルタ4は光中継器24又は光受信機34Aに含まれる。

【0029】図4を参照すると、本発明の第1実施形態が示されている。ここでは、図3の光送信機30A、上り回線（光ファイバ伝送路）26、光増幅器32及び光受信機34Aが用いられ、本発明による開放的なシステムが構築されている。

【0030】光送信機30Aは、図1のE/O変換器2を有している。E/O変換器2は、直流の或いは制御されたバイアス電流及びバイアス電流に重畳された変調パルスが供給されるレーザダイオードを含む。レーザダイオードの発振波長（出力される光信号の波長）は、バイアス電流及び温度等のパラメータに依存する。ここではパラメータとしてレーザダイオードの温度が採用され、その温度が温度制御回路46により制御される。一般的なレーザダイオードの発振波長は温度が上昇するに従って長くなる。

【0031】光送信機30Aは、更に、E/O変換器2に供給される入力電気信号の伝送データ符号に冗長符号を付加するためのFEC（Forward Error Correction：順方向誤り訂正）エンコーダ42と、E/O変換器2から出力される光信号を増幅するための光増幅器44とを有している。

【0032】光受信機34Aは、図1の光帯域通過フィルタ4及びO/E変換器6を有している。フィルタ4及び変換器6の間には光増幅器48が設けられている。フィルタ4及び光増幅器48の順序は逆でもよい。

【0033】O/E変換器6からの出力電気信号の符号誤りを訂正するために、FECデコーダ50が設けられている。FECエンコーダ42への入力電気信号及びFECデコーダ50からの出力電気信号は、この実施形態では同期デジタルハイアラキー（SDH）に適合する。SDHは各種の高速サービスや既存の低速サービスを有効に多重化するためのインタフェースを規定するもので、1988年11月にCCITT（現在のITU-T）で標準化された。

【0034】多重化の特徴としては、ネットワークの周波数同期がとられていることを前提に、155.52Mb/sを基本速度とし（これをSTM-1レベルという）、その整数倍、即ち $N \times 155.52 \text{ Mb/s}$ を伝送速度に用いていることがあげられる。現在、 $N=1$ 、

4、16、即ち、155.52Mb/s（STM-1）、622.08Mb/s（STM-4）、2.48832Gb/s（STM-16）が規定されている。

【0035】STM-16が適用されている場合、FECエンコーダ42及び/又はFECデコーダ50としては、LSIロジック社製のL64710のチップを用いることができる。

【0036】FECデコーダ50は、符号誤りが訂正された伝送データを出力すると共に、符号誤りの訂正個数が反映されるデータを出力する。従って、この実施形態では、FECデコーダ50における符号誤りの訂正をカウントすることによって、符号誤りの程度を容易に検出することができる。その訂正の個数はモニタ回路52において監視されており、その監視結果が光受信機34Aから制御ユニット10へ送られる。監視結果の伝送には、例えば、図3の光送信機36A、下り回線28及び光受信機40Aを用いることができる。

【0037】光増幅器32、44及び48の各々としては、EDFAを用いることができる。EDFAは、エルビウムドープファイバ（EDF）と、ポンプ光を出力するポンプ光源と、増幅すべき光信号及びポンプ光をEDFに供給するための光回路とを備えている。光信号の波長が1.55 μm 帯にある場合、ポンプ光の波長は例えば0.98 μm 帯或いは1.48 μm 帯にある。

【0038】図5の（A）、（B）及び（C）を参照すると、図4のシステムの各部におけるスペクトルが示されている。図5の（A）は光送信機30Aの出力ポートにおけるスペクトルを示している。光送信機30Aが光増幅器44を有していることから、ASEスペクトルASEに光信号のスペクトルOSが重畳されている。

【0039】図5の（B）は光帯域通過フィルタ4の入力ポートにおけるスペクトルを示している。光信号が更に光増幅器32により増幅されていることから、ASEスペクトルASEは図5の（A）と比較して大きくなっている。

【0040】光帯域通過フィルタ4が符号PBで示される通過帯域を有していることから、ASEの大部分はフィルタ4で除去され、光増幅器48の入力ポートにおけるスペクトルは、図5の（C）に示されるように実質的に光信号のスペクトルOSだけとなる。

【0041】この実施形態では、光帯域通過フィルタ4は光受信機34Aにおいて光増幅器48に付随して設けられているが、光増幅器32又は44に付随して設けられていてもよい。

【0042】光帯域通過フィルタ4を用いていることにより、ASEに起因する雑音が少なくなり、S/Nが向上する。また、FECエンコーダ42及びFECデコーダ50を用いて符号誤りの訂正を行なっているので、ビットエラーレート（BER）が向上する。例えばリードソロモン（Reed-Solomon）符号を用いた誤

り訂正を行なうことによって、原信号のBERが 10^{-3} 、 10^{-4} 及び 10^{-5} である場合にそれぞれ訂正後のBERを 10^{-5} 、 10^{-13} 及び 10^{-21} に向上することができる。

【0043】更に、FECデコーダ50における訂正カウント値に基づいてそのカウント値が減少するように制御回路10がE/O変換器2から出力される光信号の波長を制御するようにしているので、光信号の波長が光帯域通過フィルタ4の中心波長 λ_0 に常に一致するようになる。

【0044】次に、制御ユニット10の具体的な構成及び動作を説明する。図6は本発明に適用可能な制御ユニットのブロック図である。この制御ユニットは、FECデコーダ50（図4参照）における符号誤りの訂正カウント値（以下単に「エラーカウント」と称する。）を表す複数ビットの入力データを供給されて、エラーカウントが最小値に集束するようにE/O変換器2におけるレーザダイオードの温度を制御するための制御信号を出力する。

【0045】入力データはバッファ54を介してCPU（中央演算ユニット）56に供給される。CPU56にはメモリユニット58が接続されている。メモリユニット58は、プログラム及びプログラムを実行するためのデータを記憶しているROM（リードオンリーメモリ）と、計算結果を一時的に記憶するためのRAM（ランダムアクセスメモリ）とを含んでいる。

【0046】CPU56における演算結果は、レジスタ60を介してD/A（デジタル/アナログ）コンバータ62に供給される。そして、D/Aコンバータ62から出力される制御信号が図4の温度制御回路46に供給される。

【0047】温度制御回路46がデジタル信号処理を行なう場合には、D/Aコンバータ62を省略してレジスタ60を直接温度制御回路46に接続してもよい。図7及び図8を参照すると、制御ユニットの動作を示すフローチャートが示されている。まずステップ201では、エラーカウントECが0であるか否かが判定され、0である場合には波長制御（温度制御）を行なわずにこのルーチンを終了する。

【0048】エラーカウントが0でない場合にはステップ202に進み、初期波長におけるエラーカウントEC0が検出される。続いてステップ203では波長が初期波長よりも微小ステップ $\delta\lambda$ だけ長い値に変更させられる。このときのエラーカウントEC1がステップ204で検出される。

【0049】続いてステップ205では、波長が初期波長よりも微小ステップ $\delta\lambda$ だけ短い値に変更させられる。このときのエラーカウントEC2がステップ206で検出される。

【0050】続いてステップ207では、エラーカウ

トEC1及びEC2の両方がエラーカウントEC0に等しいか否かが判定される。EC1及びEC2の両方がEC0に等しい場合には、ステップ208に進み波長が初期波長に設定された後、ステップ201に戻る。ステップ207において、EC1及びEC2の少なくとも何れか一方がEC0に等しくない場合には、ステップ209に進む。

【0051】ステップ209ではEC1がEC0よりも大きいかが判定される。EC1がEC0よりも大きい場合にはステップ210に進み、波長が初期波長よりも $\delta\lambda$ だけ短い値に設定された後、ステップ201に戻る。

【0052】ステップ209においてEC1がEC0に等しいかそれよりも小さいと判定された場合には、ステップ211に進む。ステップ211では、EC2がEC0よりも小さいかが判定される。EC2がEC0よりも小さい場合には、ステップ210に進む。EC2がEC0に等しいかそれよりも大きいと判定された場合には、ステップ212に進む。ステップ212では、波長が初期波長よりも $\delta\lambda$ だけ長い値に設定され、ステップ201に戻る。

【0053】このフローチャートによる動作に従うと、微小ステップ $\delta\lambda$ の精度でもって光信号の波長をターゲット（光帯域通過フィルタ4の中心波長 λ_0 ）で安定化することができる。微小ステップ $\delta\lambda$ は例えば0.1nm乃至10nmに設定することができる。制御の精度を向上するために、微小ステップ $\delta\lambda$ の値を変更して上述のフローチャートを複数回実施してもよい。

【0054】本実施形態では、波長を初期波長に対して微小ステップだけ変化させたときのエラーカウントの変化がない場合には、初期波長をそのまま維持するようにしている。これは、エラーカウントが光信号の波長変動以外の原因によって生じていると考えられるからである。

【0055】図9を参照すると、本発明の第2実施形態が示されている。ここでは、本発明を図3の第1の端局18に適用した場合における端局装置の具体的な構成が示されている。

【0056】光送信機30A及び30Bの各々は、図4により説明したFECエンコーダ42、E/O変換器2、温度制御回路46及び光増幅器44に加えて、低速の光ファイバネットワークに接続するためのO/E変換器54を有している。

【0057】低速の光ファイバネットワークからの光信号はO/E変換器54により入力電気信号に変換され、この入力電気信号がFECエンコーダ42に供給される。複数の低速光ファイバネットワークについて時分割多重を行なう場合には、光送信機30A及び30Bの各々についてO/E変換器54及びFECエンコーダ42を複数チャンネル分設け、符号56で示されるようなマル

チプレクサ (MUX) を E/O 変換器 2 と複数の FEC エンコーダ 42 との間に設けてもよい。

【0058】光送信機 30A 及び 30B の各々から出力された光信号を上り回線 26 に導き入れるために、光カプラ 58 が設けられている。光カプラ 58 から出力された光信号は、光カプラ 60 によって、上り回線 26 に送出される第 1 のビームとモニタリングのための第 2 のビームとに分岐される。

【0059】光カプラ 60 からのモニタリングのための第 2 のビームと下り回線 28 からの光信号とを選択的にそれぞれ光受信機 40A 及び 40B に供給するために、光カプラ 62 と光スイッチ 64 及び 66 と光カプラ 68 とを含む光回路が設けられている。

【0060】図示された状態にあっては、下り回線 28 からの光信号が光カプラ 68 及び光スイッチ 64 を介して光受信機 40A に供給されており、光カプラ 60 からのモニタリングのための第 2 のビームは光カプラ 62 及び光スイッチ 66 を介して光受信機 40B に供給されている。光スイッチ 64 及び 66 が切り換えられると、モニタリングのための第 2 の光ビームが光受信機 40A に供給され、下り回線 28 からの光信号が光受信機 40B に供給される。

【0061】光受信機 40A 及び 40B の各々は、図 4 に示される光帯域通過フィルタ 4、光増幅器 48、O/E 変換器 6 及び FEC デコーダ 50 に加えて、低速の光ファイバネットワークに接続するための E/O 変換器 70 を有している。FEC デコーダ 50 から出力された電気信号が E/O 変換器 70 により光信号に変換され、この光信号が低速の光ファイバネットワークに供給される。

【0062】光受信機 40A 及び 40B の各々において、O/E 変換器 6 から出力される光信号が時分割多重されている場合には、O/E 変換器 6 の出力側には符号 72 で示されるようなデマルチプレクサ (DMUX) 72 が設けられ、その下流側に FEC デコーダ 50 及び O/E 変換器 70 の組が多重チャンネル数分並設される。

【0063】光送信機 30A 及び 30B は選択的に使用される。つまり、現用の光送信機 30A からの光信号が上り回線 26 に供給されている場合には、予備の光送信機 30B は動作していない。

【0064】例えば E/O 変換器 2 の故障により現用の光送信機 30A が動作不能になると、予備の光送信機 30B が駆動されて、光送信機 30B からの光信号が上り回線 26 に供給される。このようにして光送信機の故障によるシステムダウンが未然に防止されている。

【0065】図 9 に示された状態では、現用の光受信機 40A が下り回線 28 からの光信号を受けているので、予備の光受信機 40B が本発明による制御に使用される。即ち、光送信機 30A 及び 30B の何れか一方からの光信号の一部が光受信機 40B に供給され、その FEC

C デコーダ 50 からのエラーカウントが制御ユニット 10 に供給される。そして、光送信機 30A 及び 30B のうちの運用中のものの温度制御回路 46 に制御ユニット 10 から制御信号が供給される。

【0066】このような動作によって、本発明の原理に従って光信号の波長が制御され、波長変動による伝送品質の劣化が防止される。ところで、光送信機 30A 及び 30B 並びに光受信機 40A 及び 40B の動作を制御するための図示しないホストコンピュータの動作によっては、光送信機 30A 及び 30B の切り換えに連動して光受信機 40A 及び 40B が切り換えられる場合がある。例えば、光送信機 30A の故障に伴って光送信機 30B が駆動されると、これに連動して光スイッチ 64 及び 66 が切り換えられる。すると、下り回線 28 からの光信号は予備の光受信機 40B に供給され、光送信機 30B からの光信号の一部が光受信機 40A に供給される。

【0067】この状態においては、光受信機 40A の FEC デコーダ 50 からのエラーカウントが制御ユニット 10 に供給され、光送信機 30B の温度制御回路 46 に制御ユニット 10 から制御信号が供給される。

【0068】この実施形態では、上り回線 26 に関するシステムの冗長性を確保するために、2 つの光送信機 30A 及び 30B を設けているが、本発明による波長制御を行なうためには、端局装置の光送信機は 1 台でもよい。また、図 3 の第 1 の端局 18 に関して本発明による端局装置を説明したが、本発明を第 2 の端局 20 に適用してもよいことはいうまでもない。

【0069】図 10 を参照すると、本発明を適用可能な他の光通信システムが示されている。ここでは、図 3 のシステムと対比して、WDM (波長分割多重) に適合させるためにそれぞれ変更された第 1 の端局 18' 及び第 2 の端局 20' が用いられている。

【0070】第 1 の端局 18' は、N チャネル (N は 1 より大きい整数) の WDM を行なうために、N 台の現用の光送信機 30A (#1, ..., #N) と N 台の予備の光送信機 30B (#1, ..., #N) とを有している。光送信機 30A (#1) 及び 30B (#1), ..., 30A (#N) 及び 30B (#N) は、それぞれ、互いに異なる波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号を出力する。これらの光信号は光マルチプレクサ 74 において波長分割多重され、WDM 光信号が光マルチプレクサ 74 から上り回線 26 に送出される。

【0071】第 2 の端局 20' は、受けた WDM 光信号を波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号に分けるための光デマルチプレクサ 76 を有している。波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号は、それぞれ、光受信機 34A (#1) 又は 34B (#1), ..., 34A (#N) 又は 34B (#N) に供給される。

【0072】また、下り回線 28 に関して同様に、光送信機 36A (#1) 及び 36B (#N), ..., 36A

10

20

30

40

50

(#N)及び36B(#N)と、光マルチプレクサ78と、光デマルチプレクサ80と、光受信機40A(#1)及び40B(#1), ..., 40A(#N)及び40B(#N)とが設けられている。

【0073】このようにWDMが適用される光通信システムにおいても、第1の端局18'若しくは第2の端局20'において閉鎖的に又は端局18'及び20'に渡って開放的に本発明を実施することができる。例えば、図10のシステムにおいて、端局18'及び20'に渡って本発明を開放的に実施する場合には、光送信機30A(#1, ..., #N)の各々を図4の光送信機30Aと同じように構成し、光受信機34A(#1, ..., #N)の各々を図4の光受信機34Aと同じように構成する。

【0074】そして、図4の制御ユニット10が図10の光送信機30A(#1, ..., #N)の各々について光受信機34A(#1, ..., #N)の各々において検出されるエラーカウントが減少するように光信号の各々の波長を制御するようにする。制御ユニット10が例えば図6のような構成を有している場合、WDMに適合させるような上述の制御ユニット10の動作の変更に対しては、プログラムの変更により容易に対処することができる。

【0075】尚、光受信機34A(#1, ..., #N)の各々において検出されたエラーカウントの伝送には下り回線28を用いることができる。上述のようにWDMに本発明を適用した場合におけるスペクトルを図11の(A), (B)及び(C)により説明する。ここではWDMのチャンネル数Nは4であるとする。

【0076】図11の(A), (B)及び(C)はそれぞれ図5の(A), (B)及び(C)に対応している。符号OS(#1, ..., #4)は各チャンネルの光信号のスペクトル、符号ASEはASEスペクトル、符号PB(#1, ..., #4)は光受信機34A(#1, ..., #N)の各々に含まれる光帯域通過フィルタ4の通過帯域を表している。

【0077】前述のように、光送信機30A(#1, ..., #N)の各々に含まれるE/O変換器2から出力される光信号の波長は個別に制御されているので、図11の(B)及び(C)に示されるように、各チャンネルの光信号のスペクトルは各通過帯域の中心波長に一致するように安定化される。

【0078】図12を参照すると、本発明の第3実施形態が示されている。ここでは、本発明を図10の第1の端局18'に適用した場合における端局装置が示されている。

【0079】この端局装置の構成及び動作は、図9及び

図10を参照することにより容易に理解することができる。図9では、光カプラ58, 60, 62及び68並びに光スイッチ64及び66は一つずつ用いられているが、図12の実施形態では、それぞれWDMのチャンネル数Nに対応する個数ずつ設けられている。

【0080】この実施形態によると、各チャンネルのエラーカウントが減少するように各チャンネルの光信号の波長が制御されるので、WDMの全チャンネルについてそれぞれ波長変動による伝送品質の劣化を防止することができる。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による光信号の波長を制御するための方法、装置又はシステムによると、光信号の波長変動による伝送品質の劣化の防止が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図である。

【図2】図1のシステムの動作原理の説明図である。

【図3】本発明を適用可能な光通信システムのブロック図である。

【図4】本発明の第1実施形態を示すブロック図である。

【図5】図4のシステムの各部におけるスペクトルを示す図である。

【図6】本発明に適用可能な制御ユニットのブロック図である。

【図7】制御ユニットの動作を示すフローチャート(その1)である。

【図8】制御ユニットの動作を示すフローチャート(その2)である。

【図9】本発明の第2実施形態を示すブロック図である。

【図10】本発明を適用可能な他の光通信システムのブロック図である。

【図11】WDM(波長分割多重)に本発明を適用した場合におけるスペクトルの説明図である。

【図12】本発明の第3実施形態を示すブロック図である。

【符号の説明】

2 E/O変換器

4 光帯域通過フィルタ

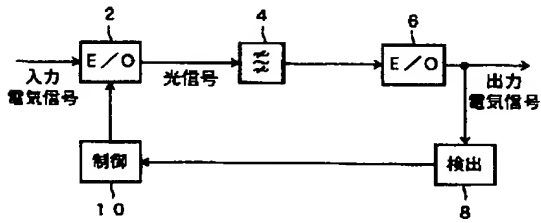
6 O/E変換器

8 検出ユニット

10 制御ユニット

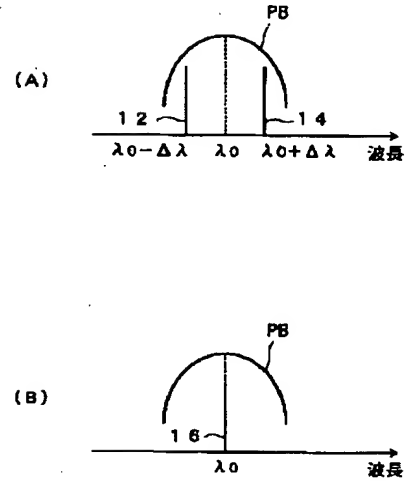
【図1】

本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図



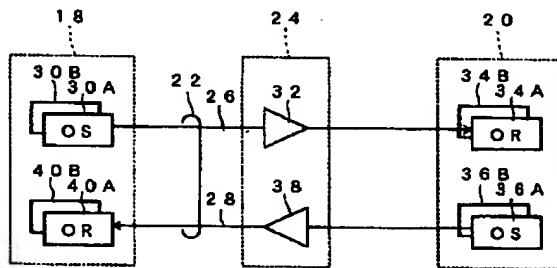
【図2】

図1のシステムの動作原理の説明図



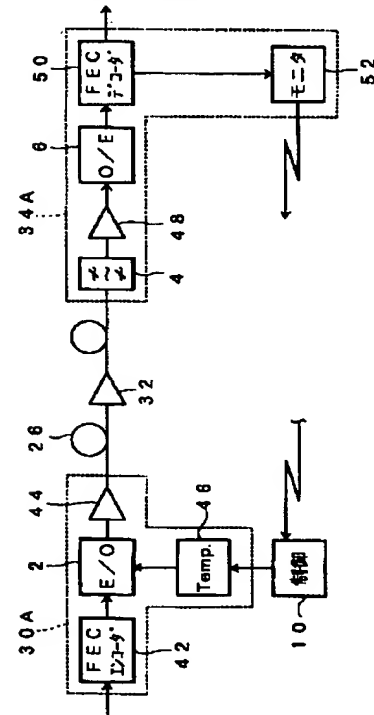
【図3】

本発明を適用可能な光通信システムのブロック図



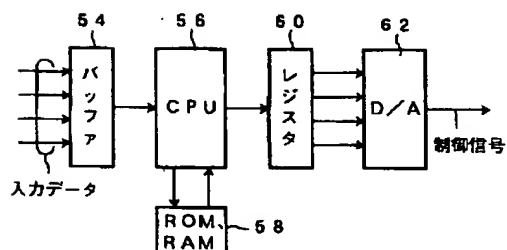
【図4】

本発明の第1実施形態を示すブロック図



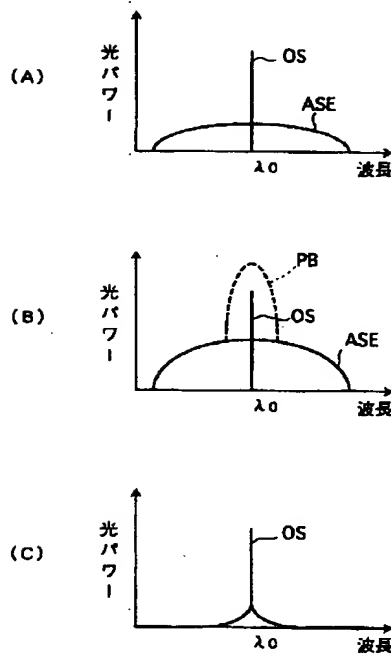
【図6】

制御ユニットのブロック図



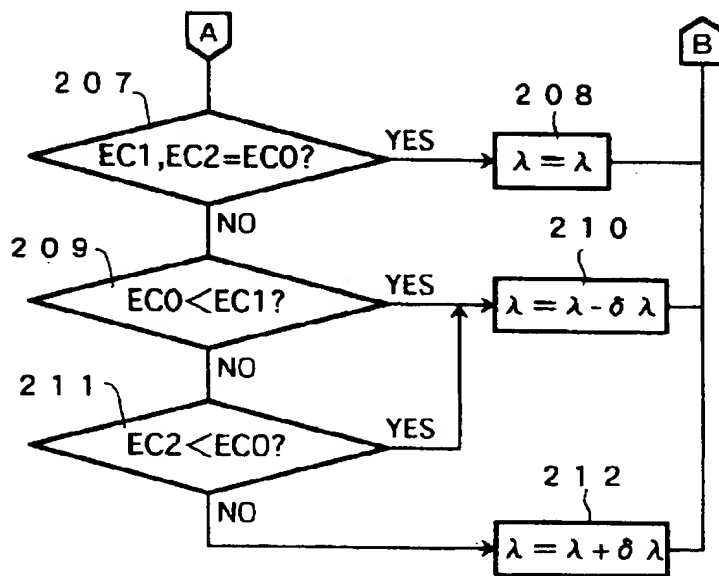
【図5】

図4のシステムの各部におけるスペクトルを示す図



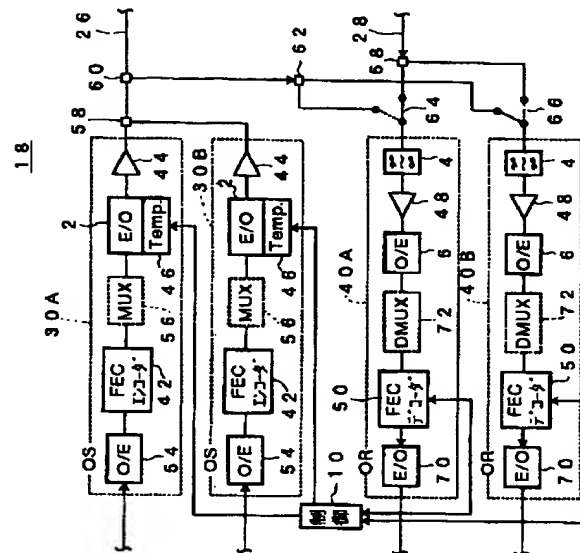
【図8】

制御ユニットの動作を示すフローチャート (その2)



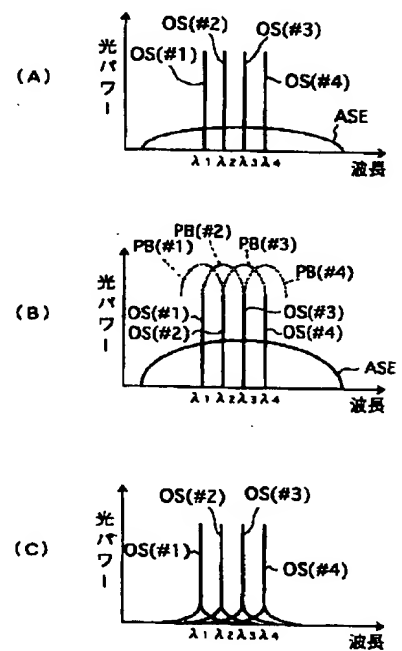
【図9】

本発明の第2実施形態を示すブロック図



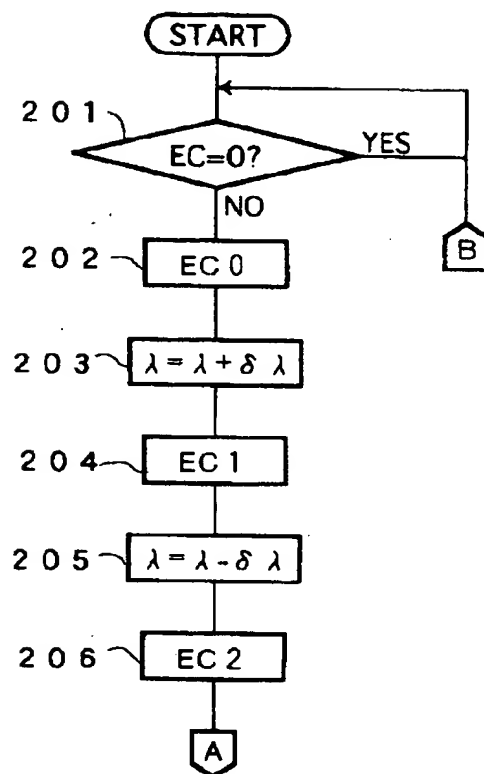
【図11】

WDMにおけるスペクトルの説明図



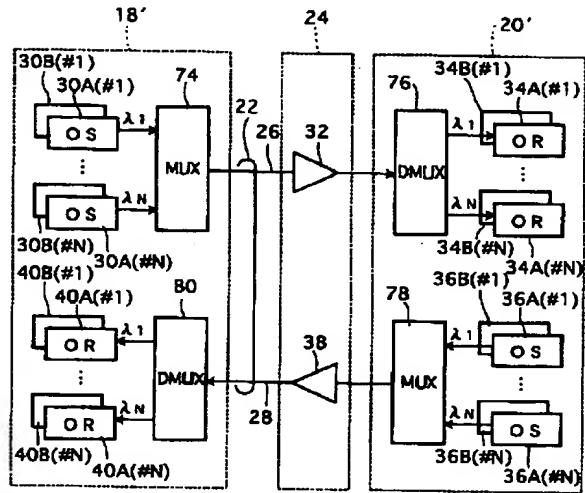
【図7】

制御ユニットの動作を示すフローチャート（その1）



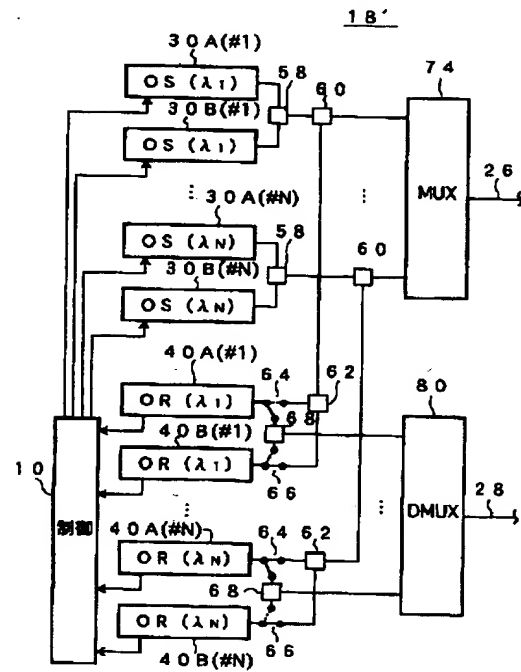
【図10】

本発明を適用可能な他の光通信システムのブロック図



【図12】

本発明の第3実施形態を示すブロック図



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

// H 0 4 L 1/00